



## **PENGARUH PARAMETER PENGGURDIAN TERHADAP AKURASI LUBANG KOMPOSIT GONI-POLIESTER DENGAN *TWIST DRILL***

Radiansyah Giga Suhartono<sup>1</sup>, Anggit Murdani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Tekniki Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

<sup>2</sup>anggitm@polinema.ac.id

### **Abstract**

Composite is a combination of materials consisting of 2 or more materials lead to the composite material has different mechanical properties and characteristics as desired. Composite materials are divided into two types, synthetic fibers and natural fibers. Most of the natural fiber types use jute fiber, as it is a candidate as a reinforce material to produce lightweight, strong and environmentally friendly composite materials as mixing polyester composites. Although composites can be made according to the desired shape, the final work, such as the machining process, is also needed for making several shapes such as making holes with the drill process. Furthermore, twist drilling, can induce damage due to the imperfections of the holes that are produced, resulting asymmetrical holes. This allows complicate assembly and reduce its strength. The parameters use are spindle speed 100 rpm, 700 rpm and 1400 rpm and feeding 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,5 mm/rev and 0,7 mm/rev. The results obtained that using 100 rpm and feeding 0.5 to 0.7 can make imprecise and resulted delamination of the hole. Increased spindle speed such as 700 and 1400 rpm and higher feed rate, resulted increase the accuracy of the hole.

Keywords: Composite fiber jute, drilling, twist drill, hole accuracy, polyester

### **Abstrak**

Komposit ialah suatu gabungan material yang terdiri dari 2 material atau lebih sehingga material komposit memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda-beda atau sesuai dengan yang diinginkan. Bahan komposit terbagi menjadi dua jenis, yaitu serat sintesis dan serat alam. Untuk jenis serat alam sebagian besar menggunakan serat goni, karena merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat dan ramah lingkungan sebagai campuran komposit poliester. Meskipun komposit dapat dibuat sesuai dengan bentuk yang diinginkan, akan tetapi pengerjaan akhir seperti proses pemesinan juga di perlukan untuk pembuatan beberapa bentuk seperti pembuatan lubang dengan proses gudi (*drilling*). Tetapi pada proses pembuatan lubang menggunakan proses gudi pada *Twist Drill* rentan terdapat kerusakan yang terjadi karena ketidaksempurnanya lubang yang dihasilkan, sehingga hasil akurasi lubang tidak simetris antara lubang yang dibuat dengan lubang yang dihasilkan. Hal ini dapat mempersulit pada waktu perakitan (*assembly*) dan dapat mengurangi kekuatan komposit. Sehingga parameter yang digunakan adalah kecepatan *spindle* dengan variabel 100 rpm, 700 rpm dan 1400 rpm dan *feeding* 0,1 mm/rev, 0,2 mm/rev, 0,3 mm/rev, 0,5 mm/rev dan 0,7 mm/rev. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan 100 rpm dan *feeding* 0,5 hingga 0,7 mengakibatkan bisa membuat hasil akurasi lubang tersebut tidak simetris dan mengakibatkan delaminasi pada lubang tersebut, akan tetapi jika rpm tersebut lebih tinggi seperti 700 dan 1400 rpm dan menggunakan *feeding* yang tinggi maka akurasi lubang lebih simetris.

Kata kunci: komposit Serat Goni, Penggurdian, *Twist drill*, Akurasi lubang, Poliester

### **1. Pendahuluan**

Komposit merupakan material gabungan antara matriks resin dengan penguat. Penguat sendiri memiliki dua jenis bahan yaitu penguat serat sintesis dan serat alam. Komposit serat alam memiliki kelebihan yaitu dapat mudah terurai (*biodegradable*) yang dimana mampu untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

Kelebihan lainnya komposit merupakan material yang tidak mudah mengalami korosi. Komposit secara umum dipergunakan pada bahan konstruksi ringan, fleksibel untuk di bentuk dan tidak dalam produk akhir. Oleh karena itu, untuk menjadikan produk yang fungsional, produk dari komposit akan melalui dalam proses penggabungan (*Joining/Assembly*). Proses

penggabungan yang dipergunakan adalah proses penggabungan mekanik (*Mechanical Joining*) (Kurniawan & Mulyadi: 2019). Proses penggabungan elemen kebanyakan menggunakan pemesian penggurdian. Penggurdian termasuk salah satu proses pemesian yang bertujuan untuk membuat lubang yang berbentuk silindris pada benda kerja (Ilham & Muffari: 2018). Disebabkan material komposit berbeda dalam hal homogenan dan *anisotropis* dibandingkan dengan material logam maka kualitas pembuatan lubang perlu diperhatikan (R. E Paul: 2003). Pada penggurdian komposit terdapat beberapa masalah yaitu akurasi lubang dan delaminasi, sehingga membuat perubahan karakteristik kualitas pada lubang yang dibuat. Delaminasi adalah terkelupasnya lapisan tipis pada permukaan benda kerja dan merupakan salah satu jenis kerusakan pada material komposit yang timbul pada sisi masuk (*peel up delamination*) maupun sisi keluar (*push out delamination*) saat penggurdian. Delaminasi dikenal sebagai sifat kegagalan matriks yang dominan pada komposit yang berlapis-lapis (*laminate*) (Kurniawan & Mulyadi: 2019). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil dapat dikembangkan lebih lanjut. Beberapa penelitian telah melakukan dengan penelitian ini menunjukkan hasil yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut.

Hasil penelitian metode penggurdian *Step drilling* (*Page Drilling Cycle*) pada komposit serat alam, sehingga memiliki hasil penelitian bahwa hasil *S/N ratio* mengidentifikasi *feed rate* memiliki kontribusi yang sangat kecil untuk mengurangi dampak akurasi lubang dalam suatu sistem pemotongan kemungkinan ini disebabkan karena *feed rate* yang diberikan itu merupakan rentang yang kecil secara teoritis tidak akan berpengaruh pada terbentuknya besaran akurasi lubang (Kurniawan & Mulyadi: 2019).

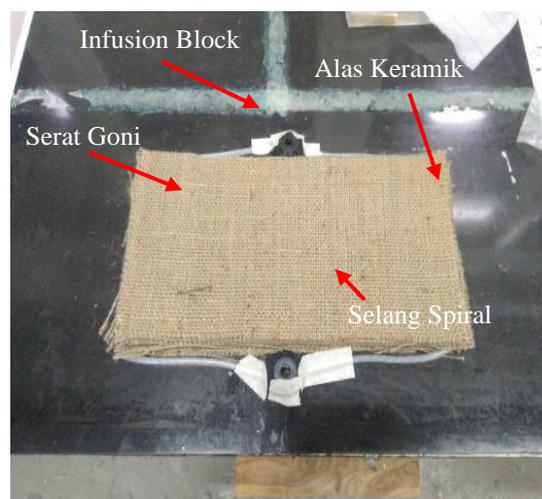
Hasil penelitian tentang komposit serat goni dengan matriks poliester yang memiliki tujuan untuk mengetahui kerusakan akurasi lubang karena proses penggurdian. Penelitian ini berfokus pada pengaruh parameter pemesian seperti *feed rate* dan kecepatan *spindle* sehingga dapat menganalisis kualitas lubang dalam hal gaya tekan dan kegagalan akurasi lubang dengan menggunakan mata bor jenis *spur bits*. Hasil dari penelitian ini nilai gaya dorong yang diperoleh pada saat proses penggurdian sangat erat berkaitan dengan kerusakan akurasi lubang yang terjadi pada kedua sisi lubang *drill* (Chandrabakty, dkk: 2019).

Hasil penelitian *investigation into the effect of drilling parameters on delamination in drilling GFRP* mendapatkan hasil yang terbaik yaitu pada kecepatan *spindle* dan *feed rate* yang rendah. Untuk mendapatkan dampak rendah lubang *drill* GFRP Composite harus menggunakan parameter *feeding* yang rendah. Hal ini ditunjukkan bahwa titik sudut mata bor merupakan parameter penting untuk mengurangi delaminasi dan kekasaran permukaan (Kilickap: 2010).

Dalam penelitian ini, serat goni dikeringkan menggunakan *furnace* dengan temperatur 80°C selama 15 menit bertujuan untuk mengurangi kandungan air maupun kelembaban yang berada di dalam serat tersebut.

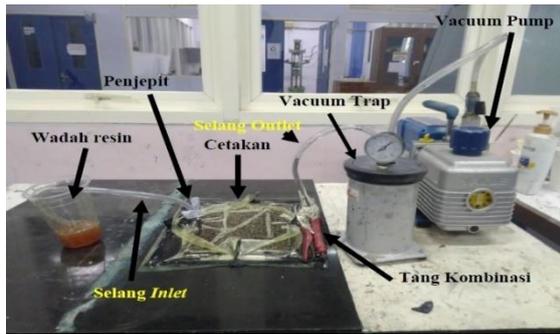
## 2. Metode Penelitian

Langkah awal pembuatan spesimen adalah melakukan pemotongan serat goni sepanjang 300mmx15mm sebanyak 9 lembar sehingga nanti akan memperoleh tebal spesimen 10 mm. Selanjutnya dilakukan proses *heat treatment* pada serat goni yang akan dibuat spesimen dengan suhu 80°C selama 15 menit. Setelah kering serat goni ditata pada alas keramik yang telah dioleh PVA terlebih dahulu (Gambar 1) sebelum masuk proses selanjutnya.



**Gambar 1** Penataan Serat Goni

Setelah selesai ditata pada permukaan keramik, kemudian disiapkan *peel ply* dan plastik *vacuum* untuk melakukan penekanan dengan metode *vacuum resin infusion*. Untuk menutup dan merapatkan serat goni dengan plastik *vacuum*, digunakanlah *sealant tape* sehingga dapat mencegah udara masuk ke dalam serat. Setelah itu selang dihubungkan ke wadah resin menuju serat goni yang telah ditutup dengan menggunakan plastik *vacuum* dan dari serat goni menuju ke dalam *vacuum chamber* atau *vacuum trap*. Sebelum memulai proses *vacuum resin infusion*, cetakan perlu dicek apakah sudah dalam kondisi *vacuum* atau tidak. Pengecekan dilakukan dengan menjepit selang dengan menggunakan tang kombinasi atau penjepit kemudian menyalakan *vacuum pump* dan membuka *valve*. Setelah dipastikan *vacuum* kemudian resin dicampur dengan menggunakan katalis sebanyak 2% dari massa resin. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari reaksi pada resin pada proses pencetakan. Setelah semuanya persiapan selesai, maka proses *vacuum resin infusion* dilaksanakan (Gambar 2).



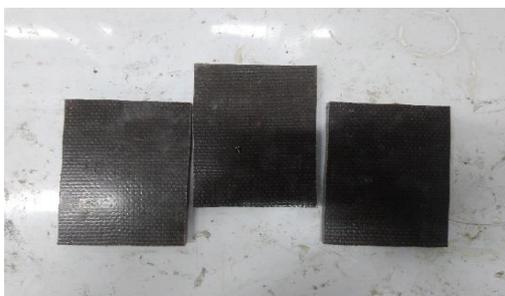
Gambar 2 Proses Vacuum Resin Infusion

Dalam pencetakan berlangsung, *vacuum pump* selalu tetap dalam kondisi menyala, agar mendapatkan hasil yang terbaik. Proses pencetakan berhenti ketika resin mulai masuk kedalam *resin trap* dan pada wadah resin habis. Selang yang menghubungkan antara cetakan dan *resin trap* di jepit terlebih dahulu sebelum bertujuan untuk menghindari udara masuk ke dalam cetakan dan dapat mengurangi kekuatan pada spesimen. Setelah itu jepit selang yang menghubungkan antara wadah dan cetakan, dan setelah itu tutup *valve* dan matikan *vacuum pump*. Hasil dari cetakan didiamkan selama semalaman supaya resin mengeras dan tidak lengket.

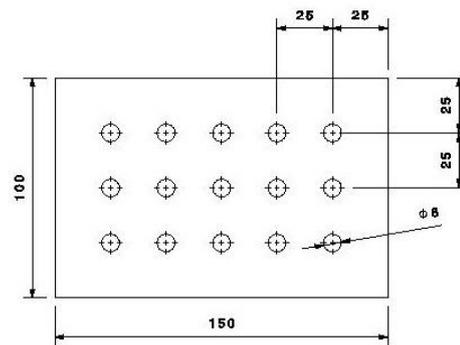
Spesimen yang telah mengeras (Gambar 3) kemudian dipotong menggunakan mesin *bandsaw* dengan ukuran 100mmx150mmx10mm dan ditandai dengan kode untuk masing-masing perlakuan (Gambar 4).



Gambar 3 Komposit sebelum dipotong

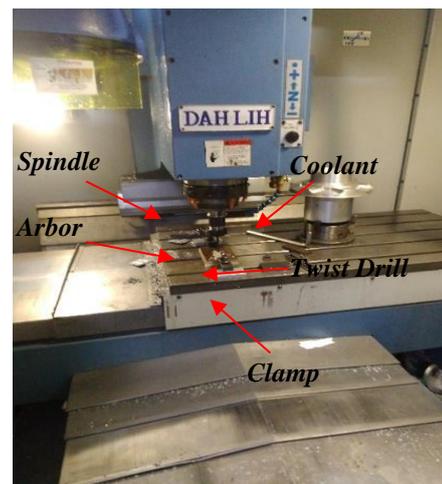


Gambar 4 Komposit yang telah dipotong



Gambar 5 Ukuran Spesimen

Pengurdian dilakukan dengan menggunakan mesin CNC Dahlih dengan pemograman menggunakan Mastercam X5 dan menggunakan parameter 100 rpm, 700 rpm dan 1400 rpm dengan *feeding* 0,1mm/rev, 0,3mm/rev, 0,5mm/rev dan 0,7mm/rev. Pencekaman menggunakan *clamp* dan proses pengurdian dilakukan tanpa menggunakan *coolant* (Gambar 6).



Gambar 6 Proses pengurdian / drilling

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengukuran

Data yang telah diperoleh akan dilakukan perhitungan dan pengolahan data. Hasil dari pengolahan data akan dilakukan analisis sehingga ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil pengukuran pada proses pengurdian ditunjukkan pada tabel 1.

Hasil dari pengukuran dengan menggunakan *micrometer inside* menyimpulkan bahwa rata – rata diameter yang telah diukur lebih besar pada lubang *entrance* dibandingkan dengan *exit*. Selanjutnya hasil dari pengukuran ini juga menunjukkan bahwa semua

lubang melebihi dari target yang diinginkan yaitu 8 mm dan dengan diameter pahat 7,96 mm.

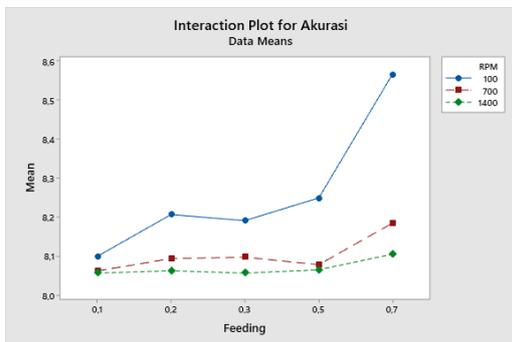
**Tabel 1** Hasil Pengukuran Lubang

| No | RPM  | Feeding | Entrance | Exit   |
|----|------|---------|----------|--------|
| 1  | 100  | 0,1     | 8,0995   | 8,04   |
| 2  | 100  | 0,2     | 8,2065   | 8,052  |
| 3  | 100  | 0,3     | 8,191    | 8,042  |
| 4  | 100  | 0,5     | 8,249    | 8,1745 |
| 5  | 100  | 0,7     | 8,566    | 8,535  |
| 6  | 700  | 0,1     | 8,0625   | 8,0575 |
| 7  | 700  | 0,2     | 8,094    | 8,054  |
| 8  | 700  | 0,3     | 8,0975   | 8,069  |
| 9  | 700  | 0,5     | 8,0785   | 8,07   |
| 10 | 700  | 0,7     | 8,185    | 8,0945 |
| 11 | 1400 | 0,1     | 8,057    | 8,032  |
| 12 | 1400 | 0,2     | 8,063    | 8,0365 |
| 13 | 1400 | 0,3     | 8,057    | 8,0345 |
| 14 | 1400 | 0,5     | 8,0655   | 8,078  |
| 15 | 1400 | 0,7     | 8,1055   | 8,083  |

Hasil dari pengukuran dengan menggunakan *micrometer inside* menyimpulkan bahwa rata – rata diameter yang telah diukur lebih besar pada lubang *entrance* dibandingkan dengan *exit*. Selanjutnya hasil dari pengukuran ini juga menunjukkan bahwa semua lubang melebihi dari target yang diinginkan, yaitu 8 mm dan dengandiameter pahat 7,96 mm.

**a) Sisi Enternece**

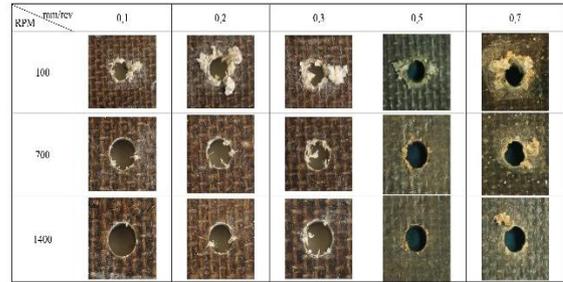
Pada tabel tersebut, diperoleh grafik yang ditunjukkan pada gambar 7



**Gambar 7** Grafik Interaksi RPM dengan Feeding Entrance

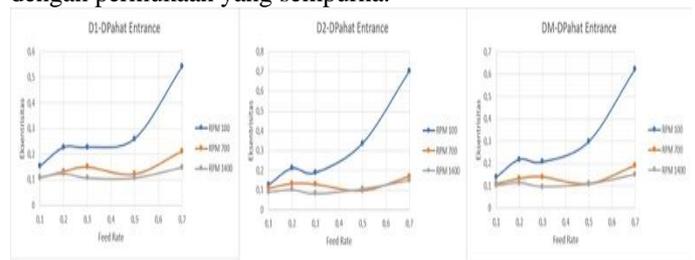
Hasil pada grafik diatas menunjukkan pada penggurdian dengan menggunakan *feeding* 0,1 mm/rev mendapatkan

hasil yang lebih presisi dari semua variabel *feeding*, dan kecepatan *spindle* yang lebih presisi dengan menggunakan variabel 1400 rpm. Hal ini disebabkan karena pada mata potong twist drill mendapatkan momen potong lebih cepat untuk melakukan sayatan pada spesimen dan gaya tekan yang disebabkan oleh *feeding* tidak terlalu cepat yang menyebabkan proses penyayatan lebih sempurna.



**Gambar 8** Hasil Penggurdian Entrance

Pada gambar 8 menunjukan hasil lubang dengan menggunakan parameter kecepatan *spindle* 1400 rpm dan *feeding* 0,1 mm/rev memiliki hasil lubang yang terbaik dengan permukaan yang sempurna.



**Gambar 9** Grafik Ekstrinsitas Entrance

Pada gambar 9 menunjukan nilai grafik dari tabel 2 yaitu eksentrisitas sisi *entrance*, yang dimana nilai dari kecepatan *spindle* 100 rpm memiliki eksentrisitas yang jauh dari angka 0, karena dalam artian tidak memiliki kerusakan seperti pada parameter kecepatan *spindle* 100 rpm yang hampir di semua variabel *feeding* memiliki kerusakan pada permukaan lubang. Disamping itu juga, pada gambar 7 menunjukan bahwa dengan kecepatan *spindle* 1400 rpm memiliki akurasi lubang yang baik, yaitu hampir mendekati pada titik target yaitu 8 mm. Pada variabel dengan parameter kecepatan *spindle* 100 rpm memiliki akurasi lubang yang kurang akurat atau kurang presisi, karena pada grafik menunjukan rata – rata 8,26 mm dan pada *feeding* 0,2 mm/rev hingga 0,3 mm/rev memiliki data yang tidak terlalu signifikan karena memiliki nilai grafik yang sedikit landai, akan tetapi pada *feeding* 0,5 hingga 0,7 mm/rev memiliki akurasi lubang yang tidak presisi, karena jauh dari target. Terdapat data tambahan yaitu eksentrisitas, Data eksentrisitas pada sisi *entrance* ditunjukkan pada tabel 2

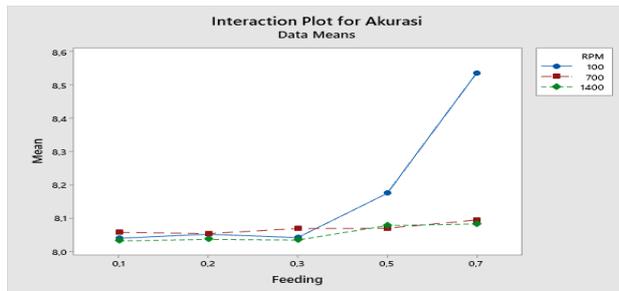
Tabel 2 Eksentrisitas Entrance

| No | RPM  | Feeding | D1-Dpahat | D2-Dpahat | DM-Dpahat |
|----|------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 100  | 0,1     | 0,152     | 0,126     | 0,139     |
| 2  | 100  | 0,2     | 0,226     | 0,21      | 0,218     |
| 3  | 100  | 0,3     | 0,226     | 0,188     | 0,207     |
| 4  | 100  | 0,5     | 0,26      | 0,336     | 0,298     |
| 5  | 100  | 0,7     | 0,542     | 0,702     | 0,622     |
| 6  | 700  | 0,1     | 0,108     | 0,108     | 0,108     |
| 7  | 700  | 0,2     | 0,132     | 0,132     | 0,132     |
| 8  | 700  | 0,3     | 0,15      | 0,128     | 0,139     |
| 9  | 700  | 0,5     | 0,122     | 0,096     | 0,109     |
| 10 | 700  | 0,7     | 0,212     | 0,168     | 0,19      |
| 11 | 1400 | 0,1     | 0,11      | 0,09      | 0,1       |
| 12 | 1400 | 0,2     | 0,124     | 0,102     | 0,113     |
| 13 | 1400 | 0,3     | 0,108     | 0,082     | 0,095     |
| 14 | 1400 | 0,5     | 0,108     | 0,106     | 0,107     |
| 15 | 1400 | 0,7     | 0,148     | 0,15      | 0,149     |

eksentrisitas diperoleh dari selisih diameter pahat. Pada dari D1 dan D2 adalah merupakan dari posisi pengukuran lubang yang membentuk horizontal dan vertikal. Eksentrisitas adalah kelonjongan atau kepipihan suatu elips dibandingkan dengan lingkaran.

**b) Sisi Exit**

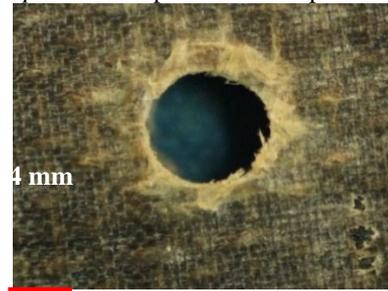
Pada tabel tersebut, diperoleh grafik yang ditunjukkan pada gambar 10



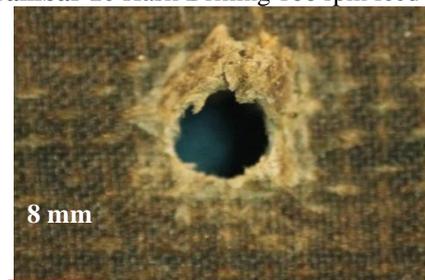
Gambar 9 Grafik Interaksi RPM dengan Feeding Exit

Pada gambar 10 menunjukkan grafik dari hasil interaksi antara kecepatan spindle dan feeding. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil penggurdian pada sisi exit dengan feeding 0,1 mm/rev hingga 0,3 mm/rev memiliki hasil yang tidak signifikan, akan tetapi pada feeding 0,5 hingga 0,7 memiliki hasil yang sangat signifikan. Hal ini dikarenakan terjadinya delaminasi pada spesimen, sehingga membuat hasil lubang tidak memiliki sisi permukaan yang sempurna dan hasil lubang lebih besar sehingga tidak presisi dan tidak simetris. Dan pada kecepatan spindle 100 rpm memiliki hasil yang kurang

presisi jika dibandingkan dengan variabel lainnya yaitu kecepatan spindle 700 rpm dan 1400 rpm.

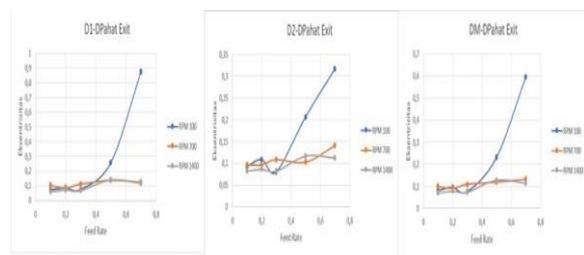


Gambar 10 Hasil Drilling 100 rpm feed 0,5



Gambar 11 Hasil Drilling 100 rpm feed 0,7

Pada gambar 11 merupakan hasil penggurdian dengan variabel feeding 0,5 mm/rev dengan kecepatan spindle 100 rpm memiliki sisi permukaan yang kurang rapi pada exit. Pada gambar 12 adalah hasil penggurdian pada sisi exit dengan variabel parameter 100 rpm dengan feeding 0,7 mm/rev, sisi permukaan sangat tidak rapi, karena hal ini yang disebut dengan delaminasi. Delaminasi adalah salah satu dari model kerusakan kritis yang terjadi pada komposit laminat. Sisi tersebut mengalami terluas pada saat terkena gaya tekan yang disebabkan oleh feeding yang besar. Selain itu, pada data tambahan eksentrisitas diperoleh data tabel 3.



Gambar 13 Grafik Eksentrisitas Exit

Pada gambar 13 menjelaskan bahwa hasil grafik dari pengukuran pada sisi exit memiliki data yang konsisten pada variabel feeding 0,1 mm/rev hingga 0,3 mm/rev, akan tetapi memiliki selisih eksentrisitas yang besar pada feeding 0,5 mm/rev dan 0,7 mm/rev dengan menggunakan kecepatan spindle 100 rpm. Hal tersebut disebabkan karena terdapatnya delaminasi yang terjadi pada laminate pada lapisan permukaan sisi luar atau exit.

Table 3 Data Tambahan Eksentrisitas

| No | RPM  | Feeding | D1-Dpahat | D2-Dpahat | DM-Dpahat |
|----|------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1  | 100  | 0,1     | 0,072     | 0,092     | 0,082     |
| 2  | 100  | 0,2     | 0,084     | 0,108     | 0,096     |
| 3  | 100  | 0,3     | 0,074     | 0,08      | 0,077     |
| 4  | 100  | 0,5     | 0,256     | 0,206     | 0,231     |
| 5  | 100  | 0,7     | 0,874     | 0,316     | 0,595     |
| 6  | 700  | 0,1     | 0,102     | 0,096     | 0,099     |
| 7  | 700  | 0,2     | 0,086     | 0,096     | 0,091     |
| 8  | 700  | 0,3     | 0,11      | 0,108     | 0,109     |
| 9  | 700  | 0,5     | 0,136     | 0,102     | 0,119     |
| 10 | 700  | 0,7     | 0,124     | 0,14      | 0,132     |
| 11 | 1400 | 0,1     | 0,058     | 0,082     | 0,07      |
| 12 | 1400 | 0,2     | 0,07      | 0,086     | 0,078     |
| 13 | 1400 | 0,3     | 0,066     | 0,082     | 0,074     |
| 14 | 1400 | 0,5     | 0,14      | 0,116     | 0,128     |
| 15 | 1400 | 0,7     | 0,116     | 0,112     | 0,114     |

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan

1. Adanya pengaruh pada kecepatan *spindle* pada proses penggurdian yang dimana dengan menggunakan kecepatan *spindle* 700 rpm hingga 1400 rpm berpengaruh pada hasil akurasi lubang dan mampu lebih presisi. Hal ini dikarenakan kemampuan potong pada *cutting area* mata bor *twist drill* menyayat spesimen dengan baik.
2. Adanya pengaruh pada *feeding* dengan variabel 0,5 mm/rev dan 0,7 mm/rev yang kurang konsisten pada hasil penggurdian, yang dimana pada dari kedua variabel tersebut memiliki gaya tekan yang tinggi hingga menyebabkan kerusakan pada permukaan kedua sisi, baik sisi *entrance* maupun *exit*. Akan tetapi untuk sisi *exit* variabel 0,1 mm/rev hingga 0,3 mm/rev memiliki konsistensi pada hasil akurasi lubang.
3. Adanya interaksi pada kecepatan *spindle* dan *feeding* terhadap akurasi lubang sehingga mampu memunculkan hasil *drilling* yang terbaik, yaitu berada di variabel kecepatan *spindle* 1400 rpm dengan *feeding* 0,1 mm/rev.

#### 5. Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variabel yang berbeda seperti contoh variasi sudut potong mata bor, menggunakan jenis material pahat *twist drill* yang berbeda seperti contoh *HSS* dan *carbida*, dan pada saat penggurdian menggunakan variasi *coolant*, menggunakan variasi serat yang berbeda, matriks yang berbeda dan metode pencetakan yang berbeda seperti contoh *vacuum bagging* atau *hand lay-up*.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Kurniawan, I. dan Mulyadi, I. H. (2019): Pengaruh Parameter Menggurdil Bertahap terhadap Terbentuknya Rasio Delaminasi Baik Pada Sisi Masuk Maupun Sisi Keluar Lubang, JURNAL INOVTEK POLBENG, vol.9 No.2
- [2] Ilham, M. M. dan Muffarih, Am. (2018): Analisa Gaya Tekan dan Delaminasi pada Penggurdian KFRP Komposit. Jurnal Elemen Vol. 5 No.2 62-65
- [3] D. H. D.P., And K. G. R. U. Of H. At M. Bartholomew, R.E. Paull, (2003) "The Pineapple : Botany, Production, And Uses," Pineapple Bot. Prod. Uses, Hal. 121-130
- [4] Kurniawan, I. dan Mulyadi, I. H. (2019): Pengaruh Parameter Menggurdil Bertahap terhadap Terbentuknya Rasio Delaminasi Baik Pada Sisi Masuk Maupun Sisi Keluar Lubang, JURNAL INOVTEK POLBENG, vol.9 No.2
- [5] Kurniawan, I. dan Mulyadi, I. H. (2019): Pengaruh Parameter Menggurdil Bertahap terhadap Terbentuknya Rasio Delaminasi Baik Pada Sisi Masuk Maupun Sisi Keluar Lubang, JURNAL INOVTEK POLBENG, vol.9 No.2
- [6] Chandrabakty, dkk. (2019): *Experimental Study and Investigation of Thrust Force and Delamination Damage of Drilled Ramie*
- [7] *Woven Reinforced Composites*, INTERNATIONAL JOURNAL OF AUTOMOTIVE AND MECHANICAL ENGINEERING (IJAME), vol. 17, no. 1, 7618-7628
- [8] Kilickap, E. (2010): *Investigation Into the Effect of Drilling Parameters on Delamination in Drilling GFRP*, Journal of Reinforced Plastics and Composites vol. 29, no. 23, 3498-3503.